

Unjuk Kemampuan *Multi Cell Water Electrolyzer* Model Plat Terhadap Reduksi Emisi Gas Buang dan Performa Mesin Yamaha Mio

Ariezatini Kusumawati

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: ririz062@yahoo.co.id

Warju

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: warju_mesin@yahoo.com

ABSTRAK

Indonesia mengalami penurunan produksi minyak lima tahun terakhir ini akibat menurunnya jumlah cadangan minyak pada sumur – sumur produksi. Penurunan produksi minyak bumi ini tidak sebanding dengan kebutuhan minyak yang semakin meningkat di Indonesia. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor setiap tahunnya juga memicu kelangkaan bahan bakar minyak (BBM). Untuk mengatasi kelangkaan BBM dan masalah polusi telah banyak dikembangkan energi alternatif, seperti air. Air harus melalui proses elektrolisis untuk bisa digunakan sebagai penghemat bahan bakar minyak. Setelah melalui proses elektrolisis air akan menghasilkan gas H_2 dan O_2 yang memiliki nilai oktan yang lebih tinggi, sehingga dapat meningkatkan kalori bahan bakar (bensin atau solar). Oleh karena itu, penelitian ini bermaksud menggunakan air sebagai suplemen bahan bakar bensin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah katalis 2 gram, 3 gram, dan 4 gram KOH pada penggunaan *multi cell water electrolyzer* model plat terhadap peningkatan performa mesin Yamaha Mio dan reduksi emisi gas buang. Penelitian ini akan membandingkan kelompok standar (tanpa penggunaan *water electrolyzer*) dengan kelompok eksperimen (dengan menggunakan *multi cell water electrolyzer* model plat yang dilengkapi *Automatic Voltage Regulator*). Standar pengujian performa mesin berdasarkan SAE J1349 dan pengukuran emisi gas buang berdasarkan SNI 09-7118.3-2005. Instrumen dan peralatan yang digunakan adalah *chassis dynamometer*, *stopwatch*, *exhaust gas analyzer*, *fuel meter*, *rpm counter*, *oil temperature meter*, dan *blower*. Analisis data menggunakan metode deskriptif. Dari hasil penelitian ditunjukkan bahwa penggunaan *multi cell water electrolyzer* model plat dan AVR berpengaruh terhadap reduksi emisi gas buang dan peningkatan performa mesin Yamaha Mio. Dengan menggunakan katalis KOH 4 gram, rata – rata persentase reduksi emisi CO dan HC masing – masing sebesar 23,94 % dan 22,03 %. Rata – rata persentase peningkatan gas buang CO_2 dan O_2 masing – masing sebesar 17,88 % dan 26,53 %. Sedangkan rata – rata persentase peningkatan torsi dan daya masing – masing sebesar 9,83 % dan 11,03 %. Konsumsi bahan bakar mengalami penurunan rata – rata sebesar 16,20 %.

Kata kunci: Emisi gas buang, performa mesin, *multi cell water electrolyzer* model plat, AVR, dan KOH.

ABSTRACT

Indonesian oil production decreased last five years due to declining oil reserves in production wells. The decline in oil production is not proportional to the increasing oil demand in Indonesia. The increasing of motor vehicles per years also triggered scarcity of fuel oil. To overcome the scarcity of fuel oil and pollution problems have been developed alternative energy, such as water. The water has to go through the process of electrolysis to be used as a fuel saver. After going through the process of electrolysis, water will produce a gas of H_2 and O_2 , which has a higher octane value, thus it can be increasing the caloric fuel (gasoline or diesel fuel). Therefore, this research uses water as a fuel supplement gasoline. This research aims to determine the effect of the amount of 2 grams, 3 grams, and 4 grams of KOH catalyst in multi cell water electrolyzer plates model to increase engine performance Yamaha Mio and exhaust emission reduction. This research will compare the standard group (without water electrolyzer) with the experimental group (using a multi cell water electrolyzer plates model which equipped Automatic Voltage Regulator). Standard engine performance testing based on SAE J1349 and exhaust emissions measurement based on SNI 09-7118.3-2005. Instruments and equipments are chassis dynamometer, stopwatch, exhaust gas analyzer, fuel meter, rpm counter, oil temperature meter, and blower. Analysis of the data using descriptive methods. From the results of the research indicated that the use of multi-cell water electrolyzer plates model and AVR affect the reduction of exhaust emissions and increase engine performance Yamaha Mio. By using 4 grams KOH catalyst, the average percentage reduction of CO and HC emissions each to 23.94% and 22.03%. The average percentage increase CO_2 and O_2 each to 17.88% and 26.53%. While the average percentage increase in torque and power each to 9.83% and 11.03%. Fuel consumption decreased average of 16.20%.

Keywords: Exhaust emissions, engine performance, multi-cell water electrolyzer plates model, AVR, and KOH catalyst.

PENDAHULUAN

BBM menjadi faktor produksi utama dalam semua aktivitas usaha yang dilakukan oleh manusia begitupun dalam bidang jasa transportasi, sehingga kebutuhan dan konsumsi BBM terus meningkat. Hal ini berbanding terbalik dengan produksi minyak bumi yang terus menurun. Berikut merupakan tabel produksi minyak bumi di Indonesia.

Tabel 1. Produksi Minyak Bumi Indonesia

Tahun	Produksi Minyak Bumi (Ribu Barel)
2008	312.484
2009	301.663
2010	300.923
2011	289.899
2012	279.412

Sumber: Ditjen Migas (dalam [http://Statistik Minyak Bumi.pdf](http://Statistik_Minyak_Bumi.pdf), diakses 3 Oktober 2013)

Selain masalah kelangkaan BBM, kita juga dihadapkan dengan masalah polusi udara yang ditimbulkan oleh gas buang sisa proses pembakaran bahan bakar fosil. Menurut Arifin dan Sukoco (2009:37), gas buang umumnya terdiri dari gas CO_2 yang berdampak pada pemanasan global, serta gas – gas beracun seperti CO, HC, NO_x , SO_x , Pb, dan Partikulat yang berbahaya pada kesehatan manusia.

Untuk mengatasi kelangkaan BBM dan masalah polusi telah banyak dikembangkan energi alternatif, seperti biodiesel, biopremium, biogas, energi surya, energi angin, dan yang paling menarik adalah menggunakan air. Namun, masih banyak yang belum mengetahui pengaplikasiannya pada berbagai macam kendaraan bermotor. Air merupakan sumber energi yang cukup potensial karena ketersediaan air cukup melimpah, hampir 70% bumi ini dipenuhi oleh air dengan persediaannya mencapai 1,4 triliun km^3 atau setara dengan 330 juta mil^3 (Sudirman, 2008: 1).

Air harus melalui proses elektrolisis untuk bisa digunakan sebagai penghemat bahan bakar minyak. Setelah melalui proses elektrolisis air akan menghasilkan gas H_2 dan O_2 yang memiliki nilai oktan yang lebih tinggi yaitu sekitar 130 dibandingkan dengan premium (88), pertamax (92), dan pertamax plus (95) (Sudirman, 2008:14). Bensin atau solar yang memiliki nilai oktan dan cetan yang rendah akan terbakar habis tanpa sisa (pembakaran sempurna), jika dicampur dengan gas H_2 yang memiliki nilai oktan yang lebih tinggi. Semakin tinggi nilai oktan suatu bahan bakar, daya ledak yang dihasilkan akan lebih dahsyat. Efek ledakan tersebut membuat tenaga mesin akan meningkat dan konsumsi bahan bakar menjadi lebih irit.

Oleh karena itu penelitian ini bermaksud menggunakan air sebagai suplemen bahan bakar bensin. Perlu adanya *electrolyzer* untuk memanfaatkan air sebagai bahan bakar alternatif, karena *electrolyzer* berfungsi untuk memisahkan partikel/molekul air dalam

aturan tertentu menjadi 2H untuk hidrogen dan 1O untuk oksigen atau dalam bentuk gas, kombinasi ini dinamakan *Brown gas*. Menurut Hidayatullah dan Mustari (2008:97), penggunaan lebih dari satu botol *electrolyzer* (*multi cell*) memiliki banyak keuntungan, seperti gas H_2 yang diproduksi menjadi berlipat – lipat, panas yang ditimbulkan berkurang, dan air yang tersimpan dalam sistem menjadi lebih banyak..

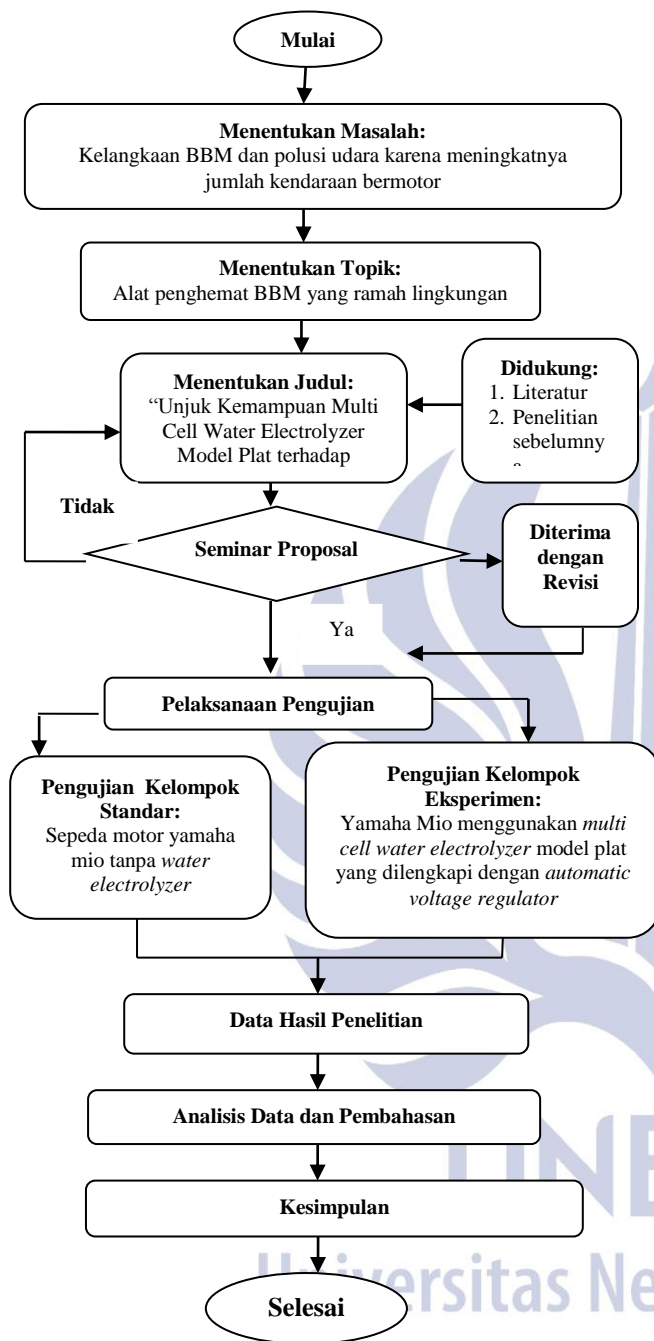
Berdasarkan penelitian Mubarak (2009), disimpulkan bahwa dengan penambahan 3 buah elektroliser model lilitan terjadi peningkatan daya efektif sebesar 24,45%, penurunan konsumsi bahan bakar, emisi CO, dan HC masing – masing sebesar 17,56%, 44,58% dan 50,00%. Penggunaan *single cell water electrolyzer* model lilitan juga mampu meningkatkan torsi dan daya efektif masing – masing sebesar 33,17% dan 46,66% (Sushandika, 2009). Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Latif (2010), disimpulkan bahwa dengan penambahan 8 plat *stainless stell* pada *electrolyzer* terjadi peningkatan torsi dan daya efektif masing - masing sebesar 51,02% dan 51,08%. Menurut penelitian Budiono (2011), penggunaan *single cell water electrolyzer* model spiral mampu meningkatkan torsi dan daya masing – masing sebesar 44,44% dan 34,48% serta mereduksi emisi CO dan HC masing – masing sebesar 55,16% dan 76,66%.

Peneliti akan menyempurnakan penelitian sebelumnya dengan menggunakan *Automatic Voltage Regulator* (AVR) yang berfungsi untuk mengatur tegangan pada *electrolyzer*, sehingga gas H_2 yang dihasilkan lebih efisien sesuai dengan kecepatan putaran mesin.

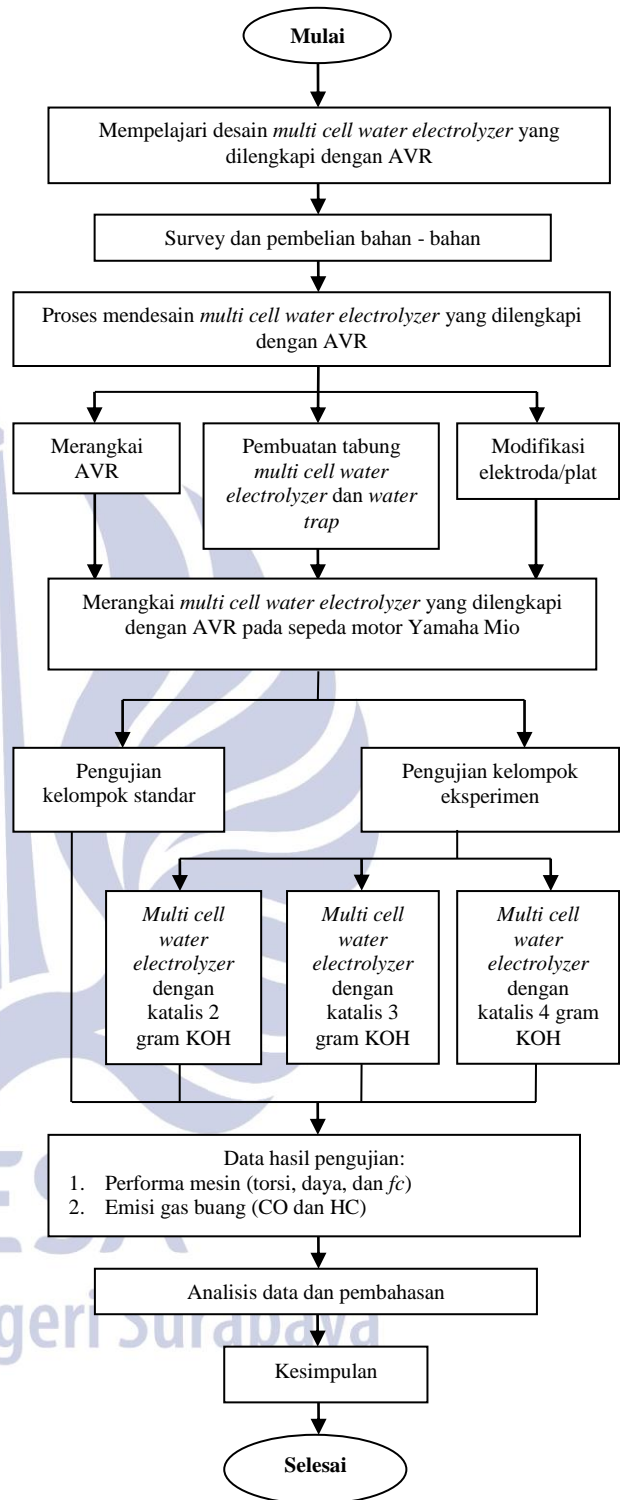
Penelitian ini meneliti unjuk kemampuan *multi cell water electrolyzer* model plat terhadap reduksi emisi gas buang dan performa mesin Yamaha Mio.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah katalis 2 gram, 3 gram, dan 4 gram KOH pada *multi cell water electrolyzer* model plat terhadap performa mesin dan emisi gas buang pada Yamaha Mio barbahan bakar premium.

Sedangkan manfaat penelitian ini adalah memberikan referensi dalam mengembangkan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan untuk mengatasi krisis bahan bakar minyak di Indonesia. Serta meningkatkan performa mesin Yamaha Mio tahun perakitan 2004 karena nilai oktan H_2 yang tinggi.

METODE**Rancangan Penelitian**

Gambar 1. Rancangan Penelitian

Desain Eksperimen

Gambar 2. Desain Eksperimen

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen (*experimental research*).

Tempat Penelitian

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin FT Unesa.

Variabel Penelitian

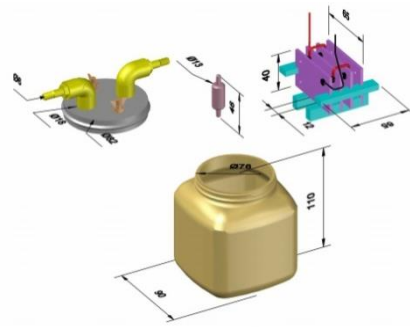
- Variabel bebas pada penelitian ini adalah *multi cell water electrolyzer* model plat yang dilengkapi dengan *water trap* dan pengaturan tegangan dengan *Automatic Voltage Regulator* (AVR).
- Variabel terikat penelitian ini adalah besarnya performa mesin (torsi, daya efektif, dan konsumsi bahan bakar) dan konsentrasi emisi gas buang Yamaha Mio tahun 2004.
- Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah katalis KOH 2 gram, 3 gram, 4 gram, bahan bakar premium jenis 88, kecepatan putaran mesin 1000 rpm sampai 9000 rpm dengan range 500 rpm, suhu mesin pada suhu kerja antara 60° – 80°C, tegangan input AVR 12 DCV-15 DCV, tegangan output AVR 1,2 DCV-27 DCV, dan arus 20 Ampere.

Perancangan Water Electrolyzer

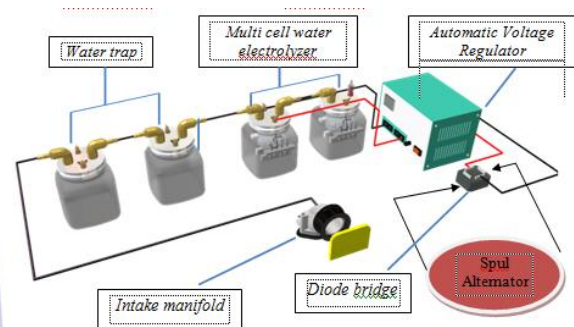
Pembuatan *water electrolyzer* dimulai dengan pemilihan tabung *electrolyzer* yang tahan terhadap panas, elektroda berbentuk plat untuk menghasilkan gas H₂, serta perbandingan komposisi katalisator dengan larutan elektrolit (*aquades*) yang tepat agar jumlah gas H₂ yang dihasilkan bisa optimal. Selain itu, pengaturan tegangan dari *voltage regulator* yang dialirkan ke *water electrolyzer* juga berpengaruh terhadap optimalnya gas H₂ yang dihasilkan.

Kualitas air dalam *water electrolyzer* lama kelamaan akan turun sehingga produksi gas H₂ menjadi tidak maksimal. Hal ini disebabkan karena hilangnya konsentrasi penyusun air yang telah terurai. Ada beberapa cara untuk mengembalikan konsentrasi air seperti pengontrolan pH air dengan pH meter, penambahan volume air dengan *make up water*, pengontrolan suhu dan kadar udara dengan menggunakan *valve*. Berikut merupakan spesifikasi komponen – komponen *water electrolyzer*:

- Tabung *water electrolyzer* dan *water trap* masing – masing 2 buah.
- Diameter tabung *water electrolyzer* dan *water trap* 9 cm.
- Tinggi tabung *water electrolyzer* dan *water trap* 11 cm.
- 4 buah plat *stainless steel grade 304L* per tabung *water electrolyzer* sebagai kutub anoda (2 buah) dan kutub katoda (2 buah).
- Panjang plat *stainless steel grade 304L* adalah 6,5 cm.
- Tebal plat *stainless steel grade 304L* adalah 0,5 cm.
- Lebar plat *stainless steel grade 304L* adalah 4 cm.
- Elektrolit *aquades* per tabung 480 ml.
- Katalis KOH 2 gram, 3 gram, dan 4 gram.

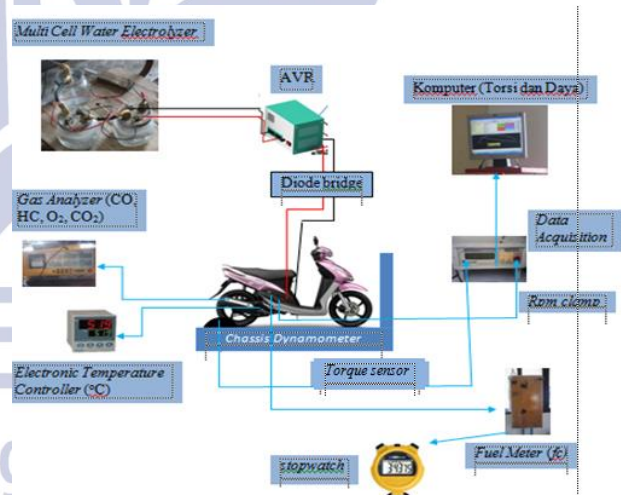


Gambar 3. Dimensi ukuran *water electrolyzer* model plat



Gambar 4. Rangkaian *multi cell water electrolyzer* model plat

Peralatan dan Instrumen Penelitian



Gambar 5. Skema instrumen penelitian

Pada Gambar 5 di atas, dijelaskan obyek, instrument, dan peralatan yang digunakan dalam penelitian, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Mesin Yamaha Mio Tahun perakitan 2004.
- *Chassis dynamometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi dan daya yang dihasilkan mesin.
- *Stopwatch* sebagai alat bantu dalam menghitung waktu konsumsi bahan bakar pada saat pengujian.
- *Exhaust gas analyzer* merupakan alat pengukur emisi gas buang kendaraan.
- *Fuel meter* digunakan untuk mengukur laju aliran bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin.

- Rpm Counter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur putaran mesin.
- Blower digunakan untuk mendinginkan mesin sewaktu pergantian pengujian.

Metode Pengujian

Untuk mendapatkan data emisi gas buang dalam penelitian ini dengan mengacu pada standar pengujian SNI 09-7118.3-2005 tentang pengujian emisi kendaraan kategori L. Sedangkan untuk uji performa mesin berdasarkan SAE J1349, tentang *Engine Power Test Code – Spark Ignition and Compression Ignition – Net Power Rating*. Metode pengujian performa ini dilakukan pada saat kondisi *idle* sampai bukaan *throttle* penuh (maksimum).

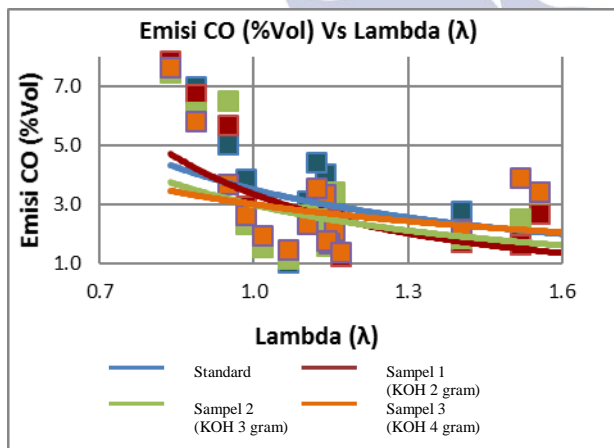
Teknik Analisis Data

Analisis data menggunakan metode deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan atau menggambarkan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai realita yang diperoleh selama pengujian. Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Selanjutnya dideskripsikan dengan kalimat sederhana sehingga mudah dipahami untuk mendapatkan jawaban dari permasalahan yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Emisi Gas Buang

Untuk mengetahui persentase reduksi emisi CO dengan menggunakan *multi cell water electrolyzer* model plat yang dilengkapi AVR pada sepeda motor Yamaha Mio tahun perakitan 2004, dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini:

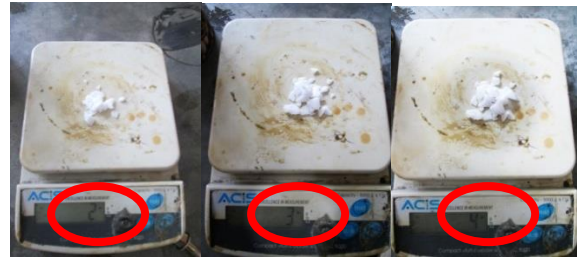


Gambar 6. Grafik emisi CO vs lambda

Tren grafik di atas sesuai dengan tren grafik lambda (λ) terhadap emisi CO dengan variasi saat pengapian (Bosch, 1999:12).

Pada *multi cell water electrolyzer* model plat yang dilengkapi AVR dengan katalis KOH 2 gram, 3 gram, 4 gram persentase rata – rata reduksi emisi CO masing – masing sebesar 20,06 %, 22,98 %, dan 23,94 %. Reduksi emisi CO dengan 4 gram KOH lebih baik dari 2 gram dan 3 gram KOH, karena jumlah katalis yang paling banyak daripada sampel lainnya, sehingga proses elektrolisis

yang terjadi di dalam tabung elektroliser pun juga semakin cepat. Jadi, gas oksigen yang dihasilkan lebih banyak dan secara maksimal mampu mengoksidasi emisi CO. Berikut merupakan pengukuran katalis KOH 2 gram, 3 gram, dan 4 gram.



Gambar 7. Pengukuran katalis KOH 2 gram, 3 gram, dan 4 gram

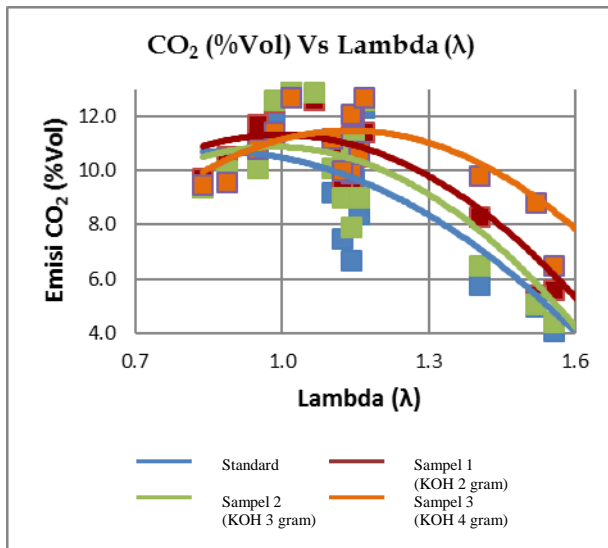
Berdasarkan peraturan Kementerian Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama, menyebutkan bahwa batas maksimum emisi CO untuk kendaraan tipe L khususnya sepeda motor 4 langkah tahun pembuatan < 2010 adalah sebagai berikut (<http://kepmen 05-2006.pdf>, diakses 30 Mei 2014).

Tabel 2. Konsentrasi CO (% Vol) terhadap Ambang Batas CO

Metode Uji	Konsentrasi CO (% Vol)		Keterangan
Idle	Ambang batas CO	5,5	-
Idle	Yamaha Mio Standar	2,49	Lulus
Idle	KOH 2 gram	1,39	Lulus
Idle	KOH 3 gram	1,70	Lulus
Idle	KOH 4 gram	2,12	Lulus

Pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi emisi CO pada Yamaha Mio standar maupun Yamaha Mio sampel 1, 2, dan 3 nilainya di bawah ambang batas emisi CO yang telah ditetapkan.

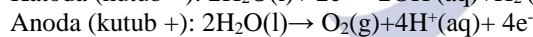
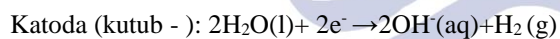
Reduksi emisi CO ini diikuti oleh peningkatan gas buang CO₂. Untuk mengetahui sejauh mana persentase peningkatan gas buang CO₂ dengan menggunakan *multi cell water electrolyzer* model plat yang dilengkapi AVR pada sepeda motor Yamaha Mio tahun perakitan 2004, dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 8. Grafik CO₂ vs lambda

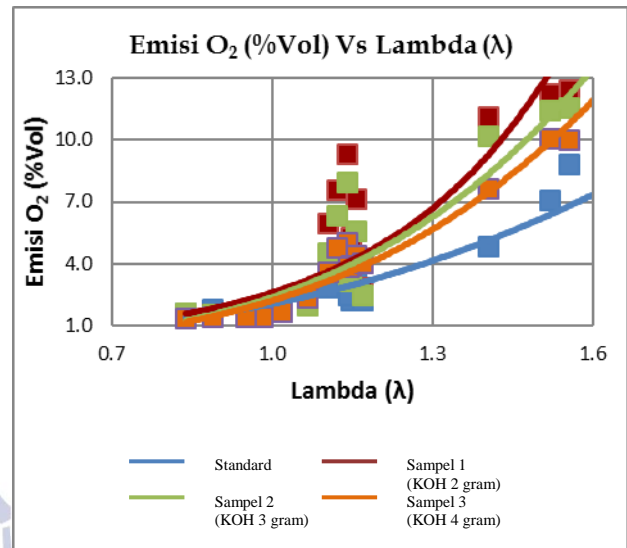
Berdasarkan grafik di atas, gas buang CO₂ yang dihasilkan Yamaha mio sampel 1, sampel 2, dan sampel 3 rata – rata mengalami peningkatan masing – masing sebesar 13,10%, 5,40%, dan 17,88%. Hal ini dikarenakan pada ruang bakar tidak lagi kekurangan O₂ akibat penambahan hasil elektrolisis, sehingga campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar membentuk pembakaran sempurna yang menghasilkan gas buang CO₂. Reaksi kimianya seperti berikut.



Hasil elektrolisis yang berupa O₂ yang masuk ke ruang bakar juga mengakibatkan konsentrasi O₂ pada gas buang juga cenderung mengalami peningkatan. Berikut merupakan reaksi kimia elektrolisis.

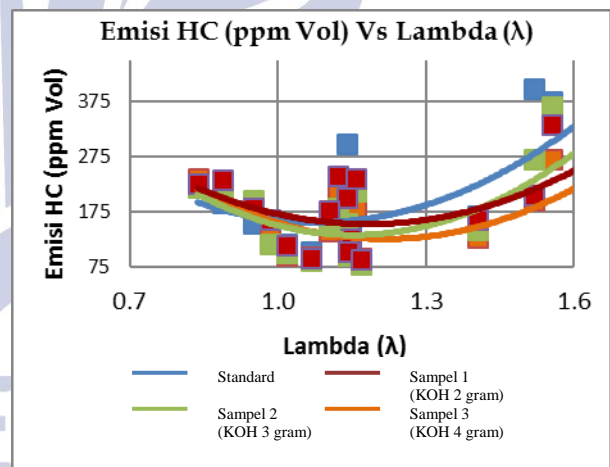


Persentase peningkatan O₂ dengan menggunakan *multi cell water electrolyzer* model plat yang dilengkapi AVR pada sepeda motor Yamaha Mio tahun perakitan 2004, dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 9. Grafik O₂ vs lambda

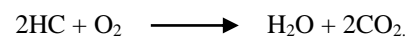
Konsentrasi gas buang oksigen pada sampel 1, 2, dan 3 rata – rata mengalami peningkatan sebesar 33,97%, 27,57%, dan 26,53% dari keadaan standar (tanpa penambahan *multi cell water electrolyzer*).

Sedangkan untuk mengetahui sejauh mana persentase reduksi emisi HC dapat dilihat pada gambar grafik berikut.



Gambar 10. Grafik emisi HC vs lambda

Konsentrasi emisi HC pada Yamaha Mio sampel 1, 2, dan 3 mengalami reduksi emisi masing – masing sebesar 13,28 %, 14,33 %, dan 22,03 %. Hal ini disebabkan penambahan oksigen dari hasil elektrolisis, sehingga membuat campuran bahan bakar dan udara mendekati campuran *stoichiometric*. Reduksi terbesar pada penambahan katalis KOH 4 gram. Hal ini dikarenakan semakin besar jumlah katalis, semakin mempercepat reaksi kimia proses elektrolisis, sehingga oksigen yang dihasilkan semakin besar. Reaksi kimia yang terjadi pada reduksi emisi HC adalah sebagai berikut.



Hasil reaksi kimia reduksi emisi HC menjadi air (H_2O) yang akan keluar dari *gas probe* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 11. Air yang keluar dari *gas probe*

Berdasarkan peraturan Kementerian Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2006 tentang ambang batas emisi HC untuk kendaraan bermotor lama adalah sebagai berikut (http://kepmen_05-2006.pdf, diakses 30 Mei 2014).

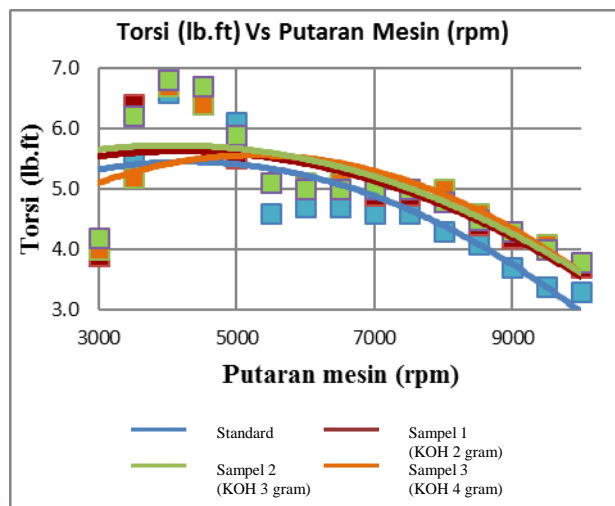
Tabel 3. Konsentrasi HC (ppmVol) terhadap Ambang Batas HC

Metode Uji	Konsentrasi HC (ppm Vol)		Keterangan
Idle	Ambang batas HC	2400	-
Idle	Yamaha Mio Standar	399	Lulus
Idle	KOH 2 gram	196	Lulus
Idle	KOH 3 gram	271	Lulus
Idle	KOH 4 gram	206	Lulus

Berdasarkan tabel 2, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi emisi HC pada Yamaha Mio standar maupun Yamaha Mio sampel 1, 2, dan 3 nilainya di bawah ambang batas emisi HC. Jadi dapat disimpulkan bahwa Yamaha Mio standar dan eksperimen lulus uji emisi. Yamaha Mio standar memiliki teknologi AIS (*Air Induction System*) yaitu teknologi kontrol emisi yang dipasang untuk mengurangi kadar emisi CO dan HC dengan cara membakar kembali bahan bakar yang tidak terbakar dengan cara menginjeksikan udara segar ke lubang pembuangan (Warju, 2013:56). Oleh karena itu, Yamaha Mio standar mengeluarkan emisi CO dan HC jauh di bawah ambang batas CO dan HC yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Performa Mesin

Persentase peningkatan torsi dengan menggunakan *multi cell water electrolyzer* model plat yang dilengkapi AVR, dapat dilihat pada gambar grafik berikut.



Gambar 12. Grafik torsi vs putaran mesin

Tren grafik di atas sesuai dengan tren grafik hasil pengujian motor bensin pada bermacam – macam putaran dengan katup gas terbuka penuh (Arismunandar, 2005:39).

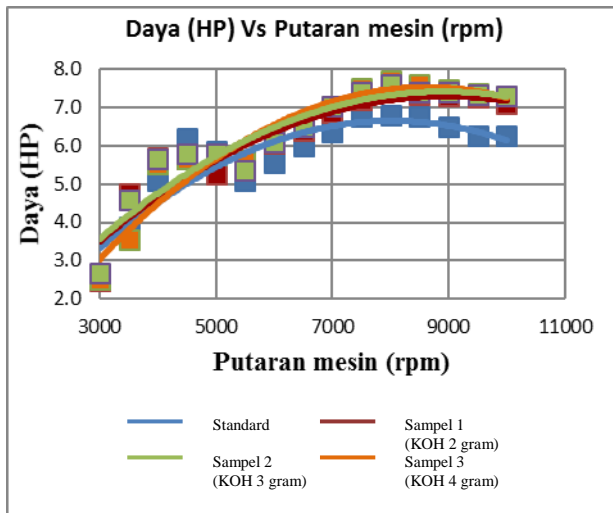
Torsi pada Yamaha Mio dengan sampel 1, 2, dan 3 rata – rata mengalami peningkatan masing – masing sebesar 8,15 %, 9,70 %, dan 8,61 %. Peningkatan terbesar terjadi pada sampel 3 karena jumlah katalis yang dipakai juga yang paling banyak yaitu 4 gram, sehingga mempercepat reaksi kimia elektrolisis dan pada ruang bakar akan terjadi peningkatan efisiensi volumetrik karena adanya penambahan hasil elektrolisis berupa gas hidrogen. Ini artinya silinder terisi campuran bahan bakar dan udara dengan baik, sehingga tekanan pembakaran akan meningkat. Nilai kalor bahan bakar hidrogen yang lebih tinggi yaitu 34.000 Kkal/kg jika dibandingkan dengan bensin yang hanya sebesar 8100 Kkal/kg (Setiono, 2003: 77) akan meningkatkan tekanan pembakaran, sehingga torsi yang dihasilkan mesin akan menjadi lebih tinggi pula. Selain itu sifat hidrogen seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 halaman 29-31 yaitu tingkat penyebaran yang tinggi, kecepatan pembakaran yang tinggi, massa jenis rendah, tingkat kemampuan terbakar yang tinggi, jarak *quenching* lebih kecil, temperatur pembakaran otomatis yang tinggi, dan energi penyalan rendah. Hal inilah yang membuat proses pembakaran di ruang bakar mendekati sempurna sehingga menghasilkan torsi yang tinggi.

Berikut merupakan gambar proses elektrolisis yang menghasilkan gas oksigen dan hidrogen.



Gambar 13. Proses elektrolisis

Untuk mengetahui sejauh mana persentase peningkatan daya, dapat dilihat pada gambar grafik berikut.

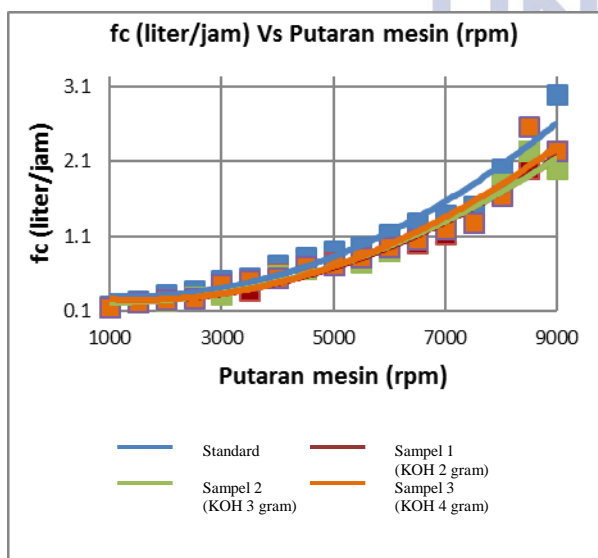


Gambar 14. Grafik daya vs putaran mesin

Yamaha Mio dengan *multi cell water electrolyzer* model plat dan AVR sampel 1, 2, dan 3 rata – rata mengalami peningkatan daya masing – masing sebesar 9,71 %, 9,94 %, dan 11,03 %. Hal ini disebabkan karena pada data torsi juga mengalami peningkatan. Peningkatan torsi dan daya dipengaruhi oleh jumlah katalis yang digunakan, karena katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi kimia proses elektrolisis. Sehingga hasil elektrolisis berupa gas hidrogen juga semakin meningkat. Gas hidrogen memiliki nilai kalor yang tinggi, sehingga meningkatkan tekanan pembakaran.

Konsumsi Bahan Bakar

Persentase penurunan konsumsi bahan bakar menggunakan *multi cell water electrolyzer* model plat yang dilengkapi AVR, dapat dilihat pada gambar grafik berikut.



Gambar 15. Grafik konsumsi bahan bakar vs putaran mesin

Penurunan konsumsi bahan bakar pada Yamaha Mio dengan *multi cell water electrolyzer* model plat dan AVR sampel 1, 2, dan 3 rata – rata mengalami penurunan masing – masing sebesar 17,65 %, 17,08 %, dan 16,20 %. Penurunan konsumsi bahan bakar ini disebabkan oleh campuran bahan bakar dan udara pada kelompok eksperimen mendekati campuran *stoichiometric* ($\lambda=1$) sehingga pembakaran yang berlangsung mendekati sempurna. Pembakaran yang sempurna akan menyebabkan turunnya konsumsi bahan bakar.

Di samping itu, turunnya konsumsi bahan bakar disebabkan karena meningkatnya efisiensi volumetrik yang masuk ke ruang bakar karena adanya penambahan gas hidrogen dan oksigen sebagai hasil elektrolisis.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pengambilan data, analisa, dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan di bawah ini.

- Pengaruh variasi jumlah katalis KOH pada *multi cell water electrolyzer* model plat terhadap performa Yamaha Mio sebagai berikut.
 - *Multi cell water electrolyzer* model plat dengan jumlah katalis KOH 2 gram, 3 gram, dan 4 gram dapat meningkatkan torsi masing - masing sebesar 8,15 %, 8,61 %, dan 9,83 %.
 - Daya Yamaha Mio dengan *multi cell water electrolyzer* model plat lebih meningkat daripada Yamaha Mio standar. *Multi cell water electrolyzer* model plat dengan jumlah katalis KOH 2 gram, 3 gram, dan 4 gram dapat meningkatkan daya masing - masing sebesar 9,71 %, 9,94 %, dan 11,03 %.
 - *Multi cell water electrolyzer* model plat berpengaruh terhadap penurunan konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar dengan jumlah katalis KOH 2 gram, 3 gram, dan 4 gram masing – masing sebesar 17,65 %, 17,08 %, dan 16,20 %.
- Pengaruh variasi jumlah katalis KOH pada *multi cell water electrolyzer* model plat terhadap perubahan emisi gas buang Yamaha Mio sebagai berikut.
 - *Multi cell water electrolyzer* model plat dengan jumlah katalis KOH 2 gram, 3 gram, dan 4 gram dapat mereduksi emisi CO masing – masing sebesar 20,06 %, 22,98 %, dan 23,94 %.
 - *Multi cell water electrolyzer* model plat berpengaruh terhadap reduksi emisi HC. Rata – rata persentase reduksi emisi HC dengan menggunakan katalis KOH 2 gram, 3 gram, dan 4 gram masing – masing sebesar 13,28 %, 14,33 %, dan 22,03 %.

Saran

- Dari hasil penelitian, penggunaan *multi cell water electrolyzer* model plat terbukti dapat mereduksi emisi gas buang dan meningkatkan performa mesin Yamaha Mio. Oleh karena itu, bagi pemilik sepeda motor Yamaha Mio disarankan untuk

mengaplikasikan *multi cell water electrolyzer* model plat.

- Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menyempurnakan penggunaan *multi cell water electrolyzer* dengan variasi jumlah katalis yang lebih banyak (5 gram, 6 gram, 7 gram, 8 gram, 9 gram, dan 10 gram) untuk memaksimalkan reduksi emisi gas buang dan meningkatkan performa mesin.
- Pada penelitian selanjutnya, disarankan memvariasikan tegangan yang lebih stabil pada *multi cell water electrolyzer* untuk memaksimalkan hasil elektrolisis.
- Pada penelitian selanjutnya, untuk melengkapi data pengaruh penggunaan *multi cell water electrolyzer* terhadap reduksi emisi gas buang, disarankan untuk menguji emisi NOx.
- Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menguji tingkat kebisingan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *multi cell water electrolyzer* terhadap tingkat kebisingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin. Z., Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta
- Arismunandar, Wiranto. 2005. *“Motor Bakar Torak”*. Bandung: ITB.
- Bosch G, Robert. 2003. *Emission Control Technology For Gasoline Engines*. Jerman: Stuttgart.
- Budiono. 2011. *Unjuk Kemampuan Water Electrolyzer dengan Katalis KOH terhadap Performa Sepeda Motor Empat Langkah*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 09-7118.3-2005. *Emisi Gas Buang Sumber Bergerak, Cara Uji Kendaraan Bermotor Kategori L pada Kondisi Idle*. BSN.
- Hidayatullah, Poempida & Mustari, F. 2008. *“Brown Energy Rahasia Bahan Bakar Air”*. Jakarta Selatan: Ufuk Press.
- <http://kepmen05-2006.pdf>, diakses 30 Mei 2014.
- <http://StatistikMinyakBumi.pdf>, diakses 3 Oktober 2013.
- International Organization of Legal Metrology. 2008. *Instruments for Measuring Vehicle Exhaust Emissions*. OIML R 99-1 & 2.
- Latif, Fahruzi. 2010. *“Pengaruh Penambahan Elektrolisa dengan Variasi Luasan Katoda dan Anoda terhadap Kinerja Mesin Satu Silinder”*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Mubarok, Zaki. 2009. *“Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sel Electrolyzer HHO terhadap Kinerja Mesin Bensin Satu Silinder”*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- SAE. 2004. *Surface Vehicle Standard “Engine Power Test Code-Spark Ignition and Compression Ignition-Net Power Rating”*. SAE J1349.
- Setiono, Wisnu. 2003. *“Kimia”*. Bandung: Regina
- Sudirman, Urip. 2008. *“Hemat BBM dengan Air”*. Jakarta: PT. Kawan Pustaka.
- Sushandika. 2009. *“Unjuk Kemampuan Water Electrolyzer dengan Katalis NaOH terhadap Performa Sepeda Motor Empat Langkah”*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Warju. 2009. *“Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor”*. Surabaya: Unesa University Press .
- Warju. 2013. *“Teknologi Reduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor”*. Surabaya: Unesa University Press.